

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-283044

(43)Date of publication of application : 03.10.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/0687
H01S 5/125

(21)Application number : 2002-083378

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 25.03.2002

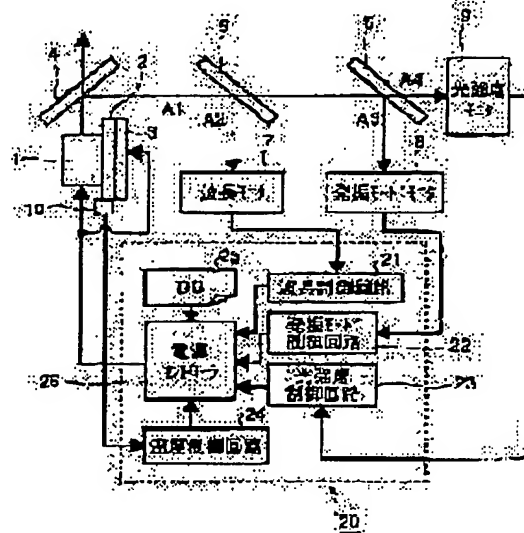
(72)Inventor : IMASHIRO MASAO
MASUDA TAKEYUKI
ADACHI AKIHIRO
HIRANO YOSHIHITO
NISHIMURA TETSUYA
GOTODA MITSUNOBU
KOKAMA TETSUO
TAKEMOTO AKIRA
NISHIMURA TAKASHI
YAMASHITA JUNICHIRO

(54) WAVELENGTH CONTROL DEVICE FOR WAVELENGTH VARIABLE SEMICONDUCTOR LASER, WAVELENGTH CONTROL METHOD AND WAVELENGTH VARIABLE SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize highly accurate and stabilized wavelength control by employing a simplified data base decreased in memory data, in a semiconductor laser, readily generating multi-mode oscillations and provided with a DBR structure.

SOLUTION: The wavelength variable semiconductor laser device is provided with the database 25 and a power supply controller 26. The database 25 stores a function or an information for specifying the function passing through a stably oscillating region from the relation between a pouring current I_f into a front SSG DBR region 31 as well as the pouring current I_r into a rear SSG DBR region 34 and an oscillation wavelength. The power supply controller 26 controls the pouring current I_f into the front SSG DBR region 31 and the pouring current I_r into the rear SSG DBR region 34 based on the stored data of the database 25.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

BEST AVAILABLE COPY

application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2003-283044

(P 2003-283044A)

(43) 公開日 平成15年10月3日 (2003.10.3)

(51) Int. Cl.⁷H01S 5/0687
5/125

識別記号

FI

H01S 5/0687
5/125

テーマコード (参考)

5F073

審査請求 未請求 請求項の数 20 OL

(全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-83378 (P2002-83378)

(22) 出願日 平成14年3月25日 (2002. 3. 25)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成14年3月7日 社団法人電子情報通信学会発行の「2002年電子情報通信学会 総合大会講演論文集」に発表

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 今城 正雄

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 増田 健之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

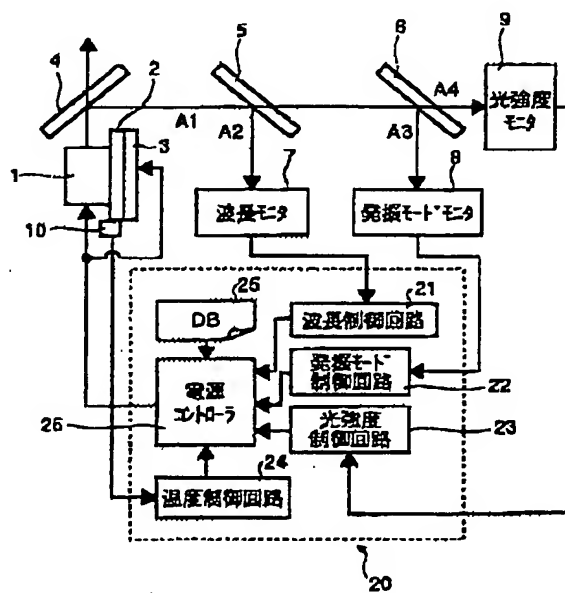
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長可変半導体レーザの波長制御装置、波長制御方法および波長可変半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 多モード発振が生じやすいDBR構造をもった半導体レーザにおいて、記憶データの少ない簡略したデータベースを用いて高精度でかつ安定性のある波長制御を実現する。

【解決手段】 フロントSSG DBR領域31への注入電流 I_f およびリアSSG DBR領域34への注入電流 I_r と発振波長との関係から安定発振する領域を通る関数または関数を規定するための情報を記憶したデータベース25と、データベース25の記憶データに基づいてフロントSSG DBR領域31への注入電流 I_f およびリアSSG DBR領域34への注入電流 I_r を制御する電源コントローラ26とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の反射ピークを有する第 1 及び第 2 の光反射器とこれら第 1 及び第 2 の光反射器の間に配される活性層領域とを有する波長可変半導体レーザの発振波長を制御する波長可変半導体レーザの波長制御装置において、

前記第 1 の光反射器への注入電流および第 2 の光反射器への注入電流と発振波長との関係から安定発振する 1 ～複数の領域を通る関数または該関数を規定するための情報を記憶したデータベースと、

上記データベースの記憶データに基づいて目標波長に対応する前記第 1 および第 2 の光反射器への注入電流値を取得し、該取得した注入電流値を用いて前記第 1 および第 2 の光反射器へ注入電流を制御する電源コントローラと、

を備えたことを特徴とする波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 2】 上記データベースは、前記第 1 の光反射器への注入電流を I_f とし、第 2 の光反射器への注入電流を I_r とした場合、下記関数または下記関数を規定するための定数 a 、 b 、 c 、 d についての 1 組～複数組のデータを有していることを特徴とする請求項 1 に記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

$$I_r = a \times I_f + b$$

$$I_f = (c \times \lambda + d)^n \quad (\lambda: \text{波長}, a, b, c, d: \text{定数})$$

【請求項 3】 前記波長可変半導体レーザは、第 1 及び第 2 の光反射器が異なる格子間隔の周期をもつ不均一グレーティングを用いた DBR 構造を有したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 4】 前記波長可変半導体レーザは、前記活性層領域と前記第 1 または第 2 の光反射器の間に位相制御領域を有し、

発振モードをモニタする発振モードモニタをさらに備え、

前記発振モードモニタの出力に基づいて前記位相制御領域への注入電流を制御する発振モード制御回路をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れか一つに記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 5】 前記発振モードモニタは、発振光の交流成分に基づき発振モードが単一縦モード発振または多モード発振の何れであるかを判定することを特徴とする請求項 4 に記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 6】 発振波長をモニタする波長モニタをさらに備え、

前記波長モニタの出力に基づいて前記波長可変半導体レーザの素子温度または注入電流の制御を行う波長制御回路をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ～ 5 の何れか一つに記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 7】 上記波長モニタは、

入力発振光の波長に応じて透過率が変化する波長フィルタと、

この波長フィルタの透過光を受光する光検出器と、を備えることを特徴とする請求項 6 に記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 8】 上記波長モニタは、

入力発振光の波長に応じて透過率が変化する狭帯域の波長フィルタと、

10 この狭帯域の波長フィルタの透過光を受光する第 1 の光検出器と、

入力発振光の波長に応じて透過率が変化する広帯域の波長フィルタと、

この広帯域の波長フィルタの透過光を受光する第 2 の光検出器と、

を備えることを特徴とする請求項 6 に記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 9】 前記狭帯域の波長フィルタの波長弁別領域は ITU グリッドに対応し、

20 前記広帯域の波長フィルタの波長弁別領域は半導体レーザの波長可変範囲よりも大きいことを特徴とする請求項 8 に記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 10】 上記波長フィルタは、ファブリペローエタロン、複屈折フィルタ、多層膜フィルタ、ファイバグレーティングの何れかであることを特徴とする請求項 7 ～ 9 の何れか一つに記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 11】 発振光の光強度を検出する光強度モニタをさらに備え、

30 前記光強度モニタの検出出力が一定になるように前記活性層領域への注入電流を制御する光強度制御回路をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ～ 10 の何れか一つに記載の波長可変半導体レーザの波長制御装置。

【請求項 12】 複数の反射ピークを有する第 1 及び第 2 の光反射器とこれら第 1 及び第 2 の光反射器の間に配される活性層領域および位相制御領域とを有する波長可変半導体レーザの発振波長を制御する波長可変半導体レーザの波長制御方法において、

40 前記第 1 の光反射器への注入電流および第 2 の光反射器への注入電流と発振波長との関係から安定発振する 1 ～複数の領域を通る関数または該関数を規定するための情報を記憶したデータベースの記憶データに基づいて目標波長に対応する前記第 1 および第 2 の光反射器への注入電流値を取得し、該取得した注入電流値を用いて前記第 1 および第 2 の光反射器へ注入電流を制御する光反射器制御ステップを備えたことを特徴とする波長可変半導体レーザの波長制御方法。

【請求項 13】 前記光反射器制御ステップの後に実行され、検出した発振モードに基づいて前記位相制御領域への注入電流を制御する発振モード制御ステップをさら

に備えることを特徴とする請求項12に記載の波長可変半導体レーザの波長制御方法。

【請求項14】 前記光反射器制御ステップの後に実行され、検出した発振波長に基づいて前記波長可変半導体レーザの素子温度または注入電流を制御する波長制御ステップをさらに備えることを特徴とする請求項13に記載の波長可変半導体レーザの波長制御方法。

【請求項15】 検出した光強度が一定になるように前記活性層領域への注入電流を制御する光強度制御ステップをさらに備えることを特徴とする請求項14に記載の波長可変半導体レーザの波長制御方法。

【請求項16】 上記データベースは、前記第1の光反射器への注入電流を I_f とし、第2の光反射器への注入電流を I_r とした場合、下記関数または下記関数を規定するための定数 a 、 b 、 c 、 d についての1組～複数組のデータを有していることを特徴とする請求項12～15の何れか一つに記載の波長可変半導体レーザの波長制御方法。

$$I_r = a \times I_f + b$$

$$I_f = (c \times \lambda + d)^n \quad (\lambda: \text{波長}, a, b, c, d: \text{定数})$$

【請求項17】 複数の反射ピークを有する第1及び第2の光反射器とこれら第1及び第2の光反射器の間に配される活性層領域および位相制御領域とを有する波長可変半導体レーザと、

前記第1の光反射器への注入電流および第2の光反射器への注入電流と発振波長との関係から安定発振する1～複数の領域を通る関数または該関数を規定するための情報を記憶したデータベースと、

発振モードをモニタする発振モードモニタと、上記データベースの記憶データに基づいて目標波長に対応する前記第1および第2の光反射器への注入電流値を取得し、該取得した注入電流値を用いて前記第1および第2の光反射器へ注入電流を制御する電源コントローラと、前記発振モードモニタの出力に基づいて前記位相制御領域への注入電流を制御する発振モード制御回路と、を備えたことを特徴とする波長可変半導体レーザ装置。

【請求項18】 上記データベースは、前記第1の光反射器への注入電流を I_f とし、第2の光反射器への注入電流を I_r とした場合、下記関数または下記関数を規定するための定数 a 、 b 、 c 、 d についての1組～複数組のデータを有していることを特徴とする請求項17に記載の波長可変半導体レーザ装置。

$$I_r = a \times I_f + b$$

$$I_f = (c \times \lambda + d)^n \quad (\lambda: \text{波長}, a, b, c, d: \text{定数})$$

【請求項19】 上記波長可変半導体レーザの前面光出力の光軸上にレーザ光を分岐し、分岐した一方の出力を前記発振モードモニタに入力する光分岐器をさらに備えることを特徴とする請求項17または18に記載の波長

可変半導体レーザ装置。

【請求項20】 前記発振モードモニタは、上記波長可変半導体レーザの背面光の一部または全てを受光するように配置されることを特徴とする請求項17または18に記載の波長可変半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、波長分割多重伝送(WDM)などに適用する光通信用デバイスとして用いられる波長可変半導体レーザの発振波長を制御する波長可変半導体レーザの波長制御装置、波長制御方法に関し、さらには波長制御装置が搭載される波長可変半導体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバーを利用した光通信システムにおいて、高密度波長分割多重(DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing)方式が行われるようになってきた。このDWDM方式は、異なる複数の波長を1本の光ファイバに多重化して伝送する方式であり、高い精度で光の波長を安定化させる必要がある。

【0003】 このDWDM方式に用いられる光源としては、一般に分布帰還型(DFB: Distributed Feedback)レーザが用いられている。このDFBレーザでは、一つの波長のみを選択的に反射する回折格子を光増幅領域に形成している。このため、DFBレーザを用いると、発振モードが安定し、単一波長の半導体レーザが実現できる。通常、WDMシステムに用いられる光機器においては、光源を1チャンネル(波長)に1つ用いるが、DFBレーザは波長可変領域が小さいために、故障対策用の予備光源にも、1チャンネルに1つのDFBレーザが必要となるので、システムが高価になるという課題がある。

【0004】 上記の問題を克服するためには、波長可変領域が大きいレーザを光源として用いる必要がある。DBR(Distributed Bragg Reflector)半導体レーザは、光増幅領域の両側に波長依存性のある回折格子を配置し、特定の波長のみを選択的に反射させて光増幅領域で増幅させることにより、1本のピーク波長を持つ発振光を発生させるものである。その際、両側の回折格子部への注入電流を変化させることにより数十nm程度発振波長を変化させることができる。しかし、反射ピーク間隔が比較的狭いDBR構造の半導体レーザでは、両側の回折格子の反射ピークが一致する波長が隣の波長に飛び移るモードホッピングや、隣接する発振モードの競合などを原因として、発振モードが不安定になり易いという課題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このため、従来は、スペクトルアナライザを用いて発振モードを確認しながら調整する手法が取られることが多いが、スペクトルアナ

ライザを使用するために、波長調整制御が大がかりとなり、また装置が大型化する問題がある。

【0006】また、他の従来技術として、両側の回折格子部への各注入電流 I_1 、 I_2 を変数とした 2 次元のデータテーブルを作成し、各注入電流 I_1 、 I_2 の組み合わせ毎に発振特性に関するデータ（単一モード発振波長や不安定発振を示すデータ）を登録し、この登録データを用いて波長制御を行うことが知られている。

【0007】しかしながら、この従来技術においては、各注入電流 I_1 、 I_2 の全ての組み合わせ毎に発振特性に関するデータを登録しているため、データテーブルの登録データが多くなって、膨大なメモリ容量が必要となる。この結果、装置コストが増大し、光送信モジュールへの収納が可能なほどへの小型化が困難となる。

【0008】この発明は上記に鑑みてなされたもので、記憶データの少ない簡略したデータベースを用いて高精度でかつ安定性のある波長制御をなし得る波長可変半導体レーザの波長制御装置、波長制御方法および波長可変半導体レーザ装置を得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる波長可変半導体レーザの波長制御装置は、複数の反射ピークを有する第 1 及び第 2 の光反射器とこれら第 1 及び第 2 の光反射器の間に配される活性層領域とを有する波長可変半導体レーザの発振波長を制御する波長可変半導体レーザの波長制御装置において、前記第 1 の光反射器への注入電流および第 2 の光反射器への注入電流と発振波長との関係から安定発振する 1 ～複数の領域を通る関数または該関数を規定するための情報を記憶したデータベースと、上記データベースの記憶データに基づいて目標波長に対応する前記第 1 および第 2 の光反射器への注入電流値を取得し、該取得した注入電流値を用いて前記第 1 および第 2 の光反射器へ注入電流を制御する電源コントローラとを備えたものである。

【0010】また、上記データベースは、前記第 1 の光反射器への注入電流を I_f とし、第 2 の光反射器への注入電流を I_r とした場合、下記関数または下記関数を規定するための定数 a 、 b 、 c 、 d についての 1 組～複数の組のデータを有していてもよい。

$$I_r = a \times I_f + b$$

$$I_f = (c \times \lambda + d)^2 \quad (\lambda: \text{波長}, a, b, c, d: \text{定数})$$

【0011】また、前記半導体レーザは、第 1 及び第 2 の光反射器が異なる格子間隔の周期をもつ不均一グレーティングを用いた DBR 構造を有していてもよい。

【0012】また、前記波長可変半導体レーザは、前記活性層領域と前記第 1 または第 2 の光反射器の間に位相制御領域を有し、発振モードをモニクする発振モードモニタをさらに備え、前記発振モードモニタの出力に基づいて前記位相制御領域への注入電流を制御する発振モー

ド制御回路をさらに備えていてもよい。

【0013】また、前記発振モードモニタは、発振光の交流成分に基づき発振モードが単一縦モード発振または多モード発振の何れであるかを判定するものであってもよい。

【0014】また、発振波長をモニクする波長モニタをさらに備え、前記波長モニタの出力に基づいて前記波長可変半導体レーザの素子温度または注入電流の制御を行う波長制御回路をさらに備えていてもよい。

【0015】また、上記波長モニタは、入力発振光の波長に応じて透過率が変化する波長フィルタと、この波長フィルタの透過光を受光する光検出器とを備えていてもよい。

【0016】また、上記波長モニタは、入力発振光の波長に応じて透過率が変化する狭帯域の波長フィルタと、この狭帯域の波長フィルタの透過光を受光する第 1 の光検出器と、入力発振光の波長に応じて透過率が変化する広帯域の波長フィルタと、この広帯域の波長フィルタの透過光を受光する第 2 の光検出器とを備えていてもよい。

【0017】また、前記狭帯域の波長フィルタの波長弁別領域は ITU グリッドに対応し、前記広帯域の波長フィルタの波長弁別領域は半導体レーザの波長可変範囲よりも大きくしてもよい。

【0018】また、上記波長フィルタは、ファブリペローエタロン、複屈折フィルタ、多層膜フィルタ、ファイバグレーティングの何れかであってもよい。

【0019】また、発振光の光強度を検出する光強度モニタをさらに備え、前記光強度モニタの検出出力が一定になるように前記活性層領域への注入電流を制御する光強度制御回路をさらに備えていてもよい。

【0020】この発明にかかる波長可変半導体レーザの波長制御方法は、複数の反射ピークを有する第 1 及び第 2 の光反射器とこれら第 1 及び第 2 の光反射器の間に配される活性層領域および位相制御領域とを有する波長可変半導体レーザの発振波長を制御する波長可変半導体レーザの波長制御方法において、前記第 1 の光反射器への注入電流および第 2 の光反射器への注入電流と発振波長との関係から安定発振する 1 ～複数の領域を通る関数または該関数を規定するための情報を記憶したデータベースの記憶データに基づいて目標波長に対応する前記第 1 および第 2 の光反射器への注入電流値を取得し、該取得した注入電流値を用いて前記第 1 および第 2 の光反射器へ注入電流を制御する光反射器制御ステップを備えるものである。

【0021】また、前記光反射器制御ステップの後に実行され、検出した発振モードに基づいて前記位相注入領域への注入電流を制御する発振モード制御ステップをさらに備えていてもよい。

【0022】また、前記光反射器制御ステップの後に実

行され、検出した発振波長に基づいて前記波長可変半導体レーザの素子温度または注入電流を制御する波長制御ステップをさらに備えていてもよい。

【0023】また、検出した光強度が一定になるように前記活性層領域への注入電流を制御する光強度制御ステップをさらに備えていてもよい。

【0024】また、上記データベースは、前記第1の光反射器への注入電流を I_f とし、第2の光反射器への注入電流を I_r とした場合、下記関数または下記関数を規定するための定数 a 、 b 、 c 、 d についての1組〜複数組のデータを有していてもよい。

$$I_r = a \times I_f + b$$

$$I_f = (c \times \lambda + d)^2 \quad (\lambda: \text{波長}, a, b, c, d: \text{定数})$$

【0025】この発明にかかる波長可変半導体レーザ装置は、複数の反射ピークを有する第1及び第2の光反射器とこれら第1及び第2の光反射器の間に配される活性層領域および位相制御領域とを有する波長可変半導体レーザと、前記第1の光反射器への注入電流および第2の光反射器への注入電流と発振波長との関係から安定発振する1〜複数の領域を通る関数または該関数を規定するための情報を記憶したデータベースと、発振モードをモニタする発振モードモニタと、上記データベースの記憶データに基づいて目標波長に対応する前記第1および第2の光反射器への注入電流値を取得し、該取得した注入電流値を用いて前記第1および第2の光反射器へ注入電流を制御する電源コントローラと、前記発振モードモニタの出力に基づいて前記位相制御領域への注入電流を制御する発振モード制御回路とを備えたものである。

【0026】また、上記データベースは、前記第1の光反射器への注入電流を I_f とし、第2の光反射器への注入電流を I_r とした場合、下記関数または下記関数を規定するための定数 a 、 b 、 c 、 d についての1組〜複数組のデータを有していてもよい。

$$I_r = a \times I_f + b$$

$$I_f = (c \times \lambda + d)^2 \quad (\lambda: \text{波長}, a, b, c, d: \text{定数})$$

【0027】また、上記波長可変半導体レーザの前面光出力の光軸上にレーザ光を分岐し、分岐した一方の出力を前記発振モードモニタに入力する光分岐器をさらに備えていてもよい。

【0028】また、前記発振モードモニタは、上記波長可変半導体レーザの背面光の一部または全てを受光するように配置されていてもよい。

【0029】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照して、この発明にかかる波長可変半導体レーザの波長制御装置、波長制御方法および波長可変半導体レーザ装置の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0030】図1はこの発明を適用する波長可変半導体

レーザ装置の構成を示すブロック図である。図1に示すように、この波長可変半導体レーザ装置は、DBR方式の半導体レーザ1と、半導体レーザ1のチップを一定温度に温度補償するべく半導体レーザ1のチップに隣接して配置されるヒートシンク2およびペルチェ素子3と、光分岐手段としてのビームスプリッタ4、5、6と、レーザ光の波長を検出する波長モニタ7と、発振モード状態を検出する発振モードモニタ8と、レーザ光強度を検出する光強度モニタ9と、半導体レーザ1のチップの温度をモニタする温度モニタ10と、半導体レーザ1を制御する半導体レーザ駆動装置20とを備えている。

【0031】半導体レーザ駆動装置20は、波長モニタ7の出力に基づきレーザ光の波長を制御する波長制御回路21と、発振モードモニタ8の出力に基づきレーザ光の発振モードを制御する発振モード制御回路22と、光強度モニタ9の出力に基づき光強度が一定になるように制御する光強度制御回路23と、温度モニタ10の出力に基づき半導体レーザ1のチップの温度が一定になるように制御する温度制御回路24と、半導体レーザ1を制御するために必要なパラメータ（DBR領域への注入電流を求めるためのパラメータ）を記憶しているデータベース（DB）25と、半導体レーザ1へ電流を注入するとともにレーザ素子温度を制御する電源コントローラ26とを備えている。

【0032】半導体レーザ1からの出力光は、ビームスプリッタ4によって分岐され、その一部がモニタ光A1として取り出される。モニタ光A1は、ビームスプリッタ5によって分岐され、その一部が分岐光A2として波長モニタ7に入力される。残りは、ビームスプリッタ6に入射されて分岐され、一部が分岐光A3として発振モードモニタ8に入射され、残りが分岐光A4として光強度モニタ9に入射される。

【0033】波長モニタ7の出力である波長モニタ信号は、波長制御回路21に入力される。発振モードモニタ8の出力である発振モードモニタ信号は、発振モード制御回路22に入力される。光強度モニタ9の出力である光強度モニタ信号は、光強度制御回路23に入力される。さらに、温度モニタ10の出力である温度モニタ信号が温度制御回路24に入力される。

【0034】半導体レーザ駆動装置20においては、データベース25からのデータと、波長制御回路21、発振モード制御回路22、光強度制御回路23および温度制御回路24からの各信号とを電源コントローラ26に入力する。電源コントローラ26は、これらの入力信号に基づいて電源を制御することで、半導体レーザ1への注入電流、ペルチェ素子3の駆動電流などを制御する。

【0035】次に、半導体レーザ1、波長モニタ7、発振モードモニタ8、光強度モニタ9の詳細について説明する。

【0036】まず、光源としての半導体レーザ1につい

て説明する。この場合、半導体レーザ1としては、例えば超構造グレーティングDBR半導体レーザ（以下SSG DBR-LDと略す Super Structure Grating DBR Laser Diode）を用いる。図2にSSG DBR-LDの典型的な構造を示す。

【0037】図2において、共振器を構成する一方の光反射器としてのフロントSSG DBR領域31は、格子間隔が変化している不均一回折格子（不均一グレーティング）を光軸方向に多段に並べた構造であり、複数の反射ピークを有する反射スペクトルを実現することができる。他方の光反射器としてのリアSSG DBR領域34は、フロントSSG DBR領域31と異なる周期間隔の回折格子を多段に並べた構造であり、フロントSSG DBR領域31とは反射ピークの周期が異なる複数の反射ピークを有する反射スペクトルを実現することができる。すなわち、DBR領域31、34は、連続的に格子間隔（周期）が変化している回折格子群（チャープドグレーティング）をひとつの単位にして、この回折格子群を整数回同じ間隔で並べたものであり、基本的には、フロントSSG DBR領域31とリアSSG DBR領域34とで、チャープドグレーティングの並びの周期を変えることによって、フロントSSG DBR領域31とリアSSG DBR領域34とで、反射ピークの周期を異ならせている。なお、チャープドグレーティングの並びの周期を変えるということは、チャープドグレーティング単体の長さを変えることと等価で、単体の反射特性をキープするために、チャープドグレーティング（一つの単位）の中の周期変化も合わせて変えることもある。

【0038】フロントSSG DBR領域31とリアSSG DBR領域34との間には、利得領域である活性層領域32と、利得効果を有しない位相制御領域33が配置されている。これら各領域31～34には、独立に電流を注入することができる構造となっている。活性層領域32への注入電流を I_a とし、位相制御領域33への注入電流を I_p とし、フロントSSG DBR領域31への注入電流を I_f とし、リアSSG DBR領域34への注入電流を I_r とする。

【0039】この半導体レーザ1の動作について説明する。活性層領域32にある閾値以上の駆動電流 I_a を注入すると、フロントSSG DBR領域31とリアSSG DBR領域34との間で共振する光は、活性層領域32で増幅され、フロントSSG DBR領域31から出射光が取り出される。

【0040】このときの発振波長は、図3に示すような、利得特性およびロス特性によって決まる。図3には、利得特性40と、フロントSSG DBR領域31の反射特性（太線）41と、リアSSG DBR領域34の反射特性（点線）42と、フロントSSG DBR領域31とリアSSG DBR領域34との間の共振器

長によって決まる共振縦モード43（細線）とが示されている。各反射特性および共振縦モードともにピークで反射率が最大となる。フロントSSG DBR領域31の反射ピーク41の周期と、リアSSG DBR領域34の反射ピークの周期42（波長間隔）とは、前述したように、僅かに異なるようになっている。

【0041】利得帯域40内で、フロントSSG DBR領域31の反射ピークとリアSSG DBR領域34の反射ピークが一致する波長は、特にSSGモードと呼ばれ、このSSGモードと共振縦モードが一致する波長で発振する。図3の場合は、中心付近の波長 λ_0 で、SSGモードと共振縦モードが一致しており、この波長 λ_0 で発振する。

【0042】それぞれに注入する電流 I_a 、 I_f 、 I_r と、半導体レーザ1の素子温度 T_{ld} を変えることで利得帯域およびSSGモードを調整し、また位相制御領域33への注入電流 I_p を変えて共振縦モードを変化させることで波長を調節する。

【0043】図4は、活性層領域32への注入電流 I_a が一定の条件下で I_f 、 I_r を変化させたときの発振波長の分布を示したものである。図5は、図4が色によって波長の区分をしており、モノクロ化された状態では説明の都合上視認が困難なため、図4における波長分布の波長境界を実線および破線で示したものである。図5によって、図4では特に視認困難な左上から右下に延びる方向への波長境界を破線で示している。

【0044】図4においては、色が濃くなるにつれて発振波長が長波長になることを示している。また、図4では、視認が困難であるが、図5に示す紙面上で左下から右上に延びる実線で囲まれた複数の各領域中では、左下から右上に向けて発振波長が連続的に短波長側に変化している。この連続的変化の境界が図5に示す破線に対応している。

【0045】一方、 I_f 、 I_r のどちらかを一定にし、他方を連続的に変化させた場合、波長が急激に変化する点（図4では矩形の小さな白抜きブロックKとして示されている）が存在する。これは図3で示すフロントSSG DBR領域31とリアSSG DBR領域34の反射特性が波長に対して変化していることに起因する。すなわちこれは、フロントSSG DBR領域31とリアSSG DBR領域34の反射特性41、42のどちらか一方のみが変化させていくと、バーニア効果により隣の反射ピークにSSGモードが移り、大きく波長が跳ぶモードホッピングを原因としている。

【0046】図6（a）に、一例として、波長が急激に変化する電流条件（図4および5中A点： $I_f=13.8\text{mA}$ 、 $I_r=17\text{mA}$ ）で測定した発振スペクトルを示す。また、図6（b）に、それ以外の電流条件（図4および5中B点： $I_f=18\text{mA}$ 、 $I_r=17\text{mA}$ ）で測定した発振スペクトルを示す。なお、B点は、図5に

において、実線と破線で囲まれた 1 つの鱗状の領域の中央付近を選択している。

【0047】図 6 (a) に示すように、A 点では異なる 2 つの波長で発振が生じ、多モード発振となっている。尚、この 2 つの波長での発振は 2 つ共が常時発振しているわけではなく、時間軸上では不定期にどちらかが発振している状態である。これは上述の隣接した SSG モード同士の競合が原因であり、ゆえに発振が不安定になっている。それに対して、鱗状の領域の中央付近を選択している B 点では、図 6 (b) に示すように、単一縦モード発振が得られている。

【0048】一方、SSG モードの競合以外にも不安定発振になる場合がある。すなわち、図 4 および図 5 において、左下から右上に連続的に I_f 、 I_r を変化させた場合にも波長が少し跳ぶ。これは発振縦モードが隣接したモードに移ったことを示しており、この場合にも発振が不安定になる。

【0049】これら 2 種類のモード跳びについてまとめると、前述した複数の鱗状の領域の中心部分は、安定して単一縦モードが発振している領域となり、その境界部分 (図 5 の実線および破線の近傍領域) は発振が不安定になることが判る。本発明は、このような考察に基づいてなされたものであり、データベース 25 に安定発振する条件のみを抽出可能な所定の関数を設定し、この関数を規定するための定数値を発振波長に対応して記憶するようにする。その詳細は、後述する。

【0050】次に波長モニタ 7 について説明する。波長モニタ 7 は、入力光の波長を弁別し、波長に応じて変化する波長モニタ信号を出力する装置であり、例えば波長フィルタと光検出器とで構成される。波長フィルタは、入力光波長に応じて透過率を変える特性を有している。波長フィルタとしては、例えばファブリペローエタロンや、複屈折フィルタ、薄膜フィルタ、ファイバグレーティング等を用いる。波長フィルタの入力光波長に応じて透過率を変える特性を利用して、波長フィルタで波長情報を強度情報に変換する。そして、光検出器で波長フィルタからの光信号を電気信号に変換することにより、波長に応じた強度の電気信号を得ることができる。

【0051】今、安定化させたい半導体レーザ 1 の発振目標波長を λ_c とする。もし発振波長が $\Delta \lambda$ ずれた場合、それに応じて波長モニタ信号の強度が増減する。この増減をモニタすることにより波長変動量を検出することができる。したがって、波長制御回路 21 で、波長モニタ信号が目標波長 λ_c の時の強度になるように注入電流 I_p 、 I_a 、 I_f 、 I_r のいずれかもしくは素子温度 T_{1d} を調節することにより波長を目標波長 λ_c へ安定化できる。

【0052】つぎに、発振モードモニタ 8 について説明する。発振モードモニタ 8 は、発振モード状態に応じて単一縦モード発振をしているかもしくは多モード発振を

しているかを判別し、該判別結果を示す発振モードモニタ信号を出力する。発振モードモニタ 8 としては、例えば、入力光の直流成分を除いた交流成分のみを検出することができる光検出器を用いる。モード競合等により発振モードが不安定になると、強度雑音が増加するため、前記光検出器からの出力は多モード発振になると増加し、単一縦モード発振になると減少する傾向をもつ。光検出器の出力信号に対して閾値を設定し、閾値以上であれば多モード発振、閾値以下であれば単一縦モード発振という判断をする。発振モード制御回路 22 は、発振モードモニタ信号を元に半導体レーザ 1 への注入電流 I_p を制御することにより発振モードを安定化させる。

【0053】次に、光強度モニタ 9 について説明する。光強度モニタ 9 は、レーザ光の強度変化に応じた信号を光強度モニタ信号として出力する。構成としては、例えば光検出器があげられる。光検出器は入力光強度が増加すると出力信号が増加し、入力光強度が減少すると出力信号が減少する特性をもつ。従ってこの信号をモニタすることにより、レーザ光強度変化を検出することができる。光強度制御回路 23 では、光強度モニタ信号が一定になるように活性層領域 32 への注入電流 I_a を制御することにより、レーザ光強度を所望の値に一定に安定化できる。

【0054】半導体レーザ駆動装置 20 は、波長モニタ信号、発振モードモニタ信号、レーザ光強度モニタ信号および温度モニタ信号を元に、半導体レーザ 1 への注入電流 (I_a 、 I_f 、 I_r 、 I_p) を制御するとともに、ペルチェ素子 3 を制御して素子温度 (T_{1d}) を制御する。オペレータは、半導体レーザ駆動装置に安定化させたい目標波長とレーザ光強度を入力するだけで自動的に、目標波長と目標強度に調整されて単一縦モードで発振する。

【0055】次に波長同調動作について説明する。なお、レーザ光強度は上記のレーザ光強度モニタ信号を元に、光強度制御回路 23 によってあらかじめ設定された目標強度に安定化されているものとする。図 7 は、図 1 に示される波長可変半導体レーザ装置の波長同調動作を示すフローチャートであり、このフローチャートに従って動作を説明する。

【0056】最初に、本発明の要部をなすデータベース 25 について説明する。 I_f と I_r を設定する際に不安定モード発振を回避することが必要条件としてあげられるが、単純に図 4 のような電流マップを全てデータベースとして記録すると、図中の単一縦モード発振領域に設定できるが、データ容量が膨大になってしまう。

【0057】そこで、図 8 に示すように、左下から右上に延びる実線で囲まれた複数の領域中のほぼ真ん中に位置するようにライン $L_1 \sim L_4$ を設定し、このライン $L_1 \sim L_4$ に乗るような条件下での I_f と I_r と波長の関係式を導入することによって SSG モードの遷移領域へ

の移行を回避するとともに、記憶データ量を大幅に削減する。また、できるだけ、遷移領域から離れた中央付近を選択することによって、レーザ素子の経年変化にも強い波長制御を実現する。

【0058】まず、図8に示すように、SSGモードの遷移領域（図8中の実線で示される波長境界領域）から離れて、安定した発振モードが得られる I_f と I_r との関係を求める。

【0059】この作業はフロントDBR領域31とリアDBR領域34の反射モードであるSSGモードのうち1本を選択していることに相当している（図3中のフロントDBR領域31の反射特性（太線）41と、リアDBR領域34の反射特性（点線）42の重なる条件を決めている）。その関係は直線となり、 $I_r = a \times I_f + b$ の式で表される（ a 、 b は定数）。例えば、ラインL1での I_f と I_r との関係は $I_r = 0.8 \times I_f + 2.0$ となり、ある I_f が与えられたときにこの式を満たす I_r を設定すればよい。ラインL2～L4についても同様である。

【0060】次に、図9に、各ラインL1～L4上の I_f と波長の関係を示す。各ラインL1～L4上での波長 λ と I_f との関係は $I_f = (c \times \lambda + d)^2$ の曲線でフィッティングすることによって求める（ c 、 d は定数）。

【0061】従って、目標波長 λ_c に設定したい場合、まず目標波長がどのライン上にあるか選択し、選択したライン上において、

$$I_r = a \times I_f + b \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$I_f = (c \times \lambda + d)^2 \quad \dots \text{式 (2)}$$

を満たす I_f 、 I_r を求め、該求めた I_f 、 I_r を印加する。データベース25には、各ラインL1～L4について、

① 各ラインL1～L4の選択可能な波長範囲

② 式(1)の定数 a 、 b

③ 式(2)の定数 c 、 d

を記憶しておくだけでよい。なお、上記式(2)は、 I_r と波長の関係を用いてもよい。また、データベース25に、上記定数 a 、 b 、 c 、 d が規定された式(1)および式(2)の関数自体を発振波長に対応して記憶するようにしてもよい。

【0062】ただし、このような I_f 、 I_r の設定のみでは、図8に実線で示す遷移領域から離れた波長制御は可能となるが、まだ図8に破線で示す遷移領域への移行が想定される。このため、上記の I_f 、 I_r の設定のみでは、目標波長に高精度に安定化まではされず、後述の I_p 制御による発振縦モードの安定化および波長モニタによる波長安定化（素子温度 T_{id} 制御など）が必要になる。

【0063】つぎに、図7および図10に示すフローチャートに従って、上記データベース25を用いた波長同

調手順を説明する。

【0064】まず、オペレータは安定化させたい目標波長 λ_c の波長を半導体レーザ駆動装置20に入力する（ステップ100）。具体的には、図示しない入力装置を介してオペレータが電源コントローラ26に入力する。

【0065】つぎに、半導体レーザ駆動装置20内の電源コントローラ26ではデータベース25を参照して、 I_f 、 I_r を求め、該求めた I_f 、 I_r を半導体レーザ1のフロントSSG DBR領域31、リアSSG DBR領域34に注入し、発振波長を目標波長 λ_c 付近に到達させる（ステップ110）。

【0066】図10のフローチャートに、ステップ110で行うDBR領域印加電流処理を示す。まず、目標設定波長 λ_c が入力されると（ステップ200）、ステップ210、230、250、270でのライン判断処理によって、データベース25を参照して目標波長 λ_c がどのライン上にあるかを判断する。

【0067】目標波長 λ_c が $\lambda_1 \leq \lambda_c \leq \lambda_2$ の範囲にあると（ステップ210）、1つのラインについての前記関係式(1)(2)を用いて I_f 、 I_r が求められる（ステップ220）。すなわち、選択されたラインで設定されている定数 a 、 b 、 c 、 d をデータベース25から読み込み、式(1)および式(2)を用いて I_f 、 I_r を決定する。

【0068】目標波長 λ_c が $\lambda_2 < \lambda_c \leq \lambda_3$ の範囲にあると（ステップ230）、別のラインについての前記関係式(1)(2)を用いて I_f 、 I_r が求められる（ステップ240）。目標波長 λ_c が $\lambda_3 < \lambda_c \leq \lambda_4$ の範囲にあると（ステップ250）、別のラインについての前記関係式(1)(2)を用いて I_f 、 I_r が求められる（ステップ260）。目標波長 λ_c が $\lambda_4 < \lambda_c \leq \lambda_5$ の範囲にあると（ステップ270）、別のラインについての前記関係式(1)(2)を用いて I_f 、 I_r が求められる（ステップ280）。

【0069】もし全てのライン上の波長に当てはまらない場合は、その半導体レーザ1の発振波長外であることを示し、エラー表示を行う（ステップ290）。

【0070】この場合、ステップ210では、目標波長 λ_c の選択範囲を $\lambda_1 \leq \lambda_c \leq \lambda_2$ とし、ステップ230では、目標波長の選択範囲を $\lambda_2 < \lambda_c \leq \lambda_3$ とし、ステップ250では、目標波長の選択範囲を $\lambda_3 < \lambda_c \leq \lambda_4$ とし、ステップ270では、目標波長の選択範囲を $\lambda_4 < \lambda_c \leq \lambda_5$ とすることで、各ステップで目標波長の選択範囲が重ならないようにするとともに、各ステップ210、230、250、270で条件が成立した場合、一つのラインを選択して、選択した1つのラインについての関係式(1)(2)を用いて I_f 、 I_r を求めるようにしているので、目標波長 λ_c が半導体レーザ1の発振可能な波長範囲 $\lambda_1 \leq \lambda_c \leq \lambda_5$ の中であれ

ば、唯一のラインが選択されることとなる。

【0071】なお、上記唯一のライン選択に当たって、注入電流が大きいほうのラインを選ぶようにすれば、電流が大きくなる欠点がある反面、より安定な波長制御をなし得る。これは、図4、図5から判るように、電流値 I_f 、 I_r が大きなほうが、前述した鱗状の領域の大きさが大きくなり、ライン上の点が遷移領域からより遠ざかるからである。

【0072】つぎに、図7のステップ120の発振モードモニタ処理について説明する。発振モード制御回路22は、発振モードモニタ8からの信号を参照し（ステップ120）、今発振しているモードが単一か多モード発振をしているかを判断する（ステップ130）。発振モードが安定な場合は、発振モードモニタ8からの信号強度は低く、逆に発振モードが不安定な場合には信号強度が大きくなる。そこで、発振モード制御回路22は、予め設定しておいた基準値と比較し、信号が基準値以下なら手順をつぎのステップ150に移行させ、閾値以上の多モード発振をしている場合は、閾値以下になるまで位相制御領域33への注入電流 I_p を0から増加させることによって発振モードを微調整して、安定化させる（ステップ140）。なお、先のステップ110でのDBR領域印加電流処理において最適な I_f および I_r を選択しているため、SSGモードの競合による不安定モード発振は考慮しなくてもよく、従ってこのステップ140での処理で、 I_f および I_r を調節する必要はない。この制御により、各ラインL1～L4上で、発振モードを遷移領域から移行させて、発振モードを安定化させることができる。

【0073】つぎに、波長制御回路21は、波長モニタ7からの波長モニタ信号を元に目標波長 λ_c からのずれ量を検出する（ステップ150、160）。波長制御回路21は、この波長ずれ量が予め規定された閾値（発振波長確度）よりも大きい場合は、電源コントローラ26を介してペルチェ素子3を駆動して温度モニタ10によって半導体レーザ近傍の温度をモニタしながら素子温度 T_{1d} を調節することによって目標波長 λ_c に安定化させる（ステップ170）。また、波長制御回路21は、前記波長ずれ量が発振波長確度よりも小さい場合には、目標波長に安定した旨を表示する。

【0074】なお、この場合、波長モニタ7の出力に基づく波長制御においては、素子温度 T_{1d} のみの制御によって波長の微調整を行うようにしている。これは、このステップ150～170の段階で、注入電流 I_p 、 I_a 、 I_f 、 I_r のいずれかを制御して波長制御を行うと、先のステップ110、140で調整された I_p 、 I_f 、 I_r が変化して、発振モードなどにも悪影響を及ぼすことを考慮したからである。

【0075】なお、本半導体レーザ装置が動作中の間は、ステップ120～ステップ180までの手順が繰り

返し実行されている。

【0076】このように実施の形態によれば、SSGモード競合による不安定モード発振を回避するような I_f 、 I_r の関係式 $I_r = a \times I_f + b$ と、そのときの I_f と波長の関係式 $I_f = (c \times \lambda + d)^2$ を導き、これら関係式の定数 a 、 b 、 c 、 d または関係式自体を発振波長範囲に対応付けて記憶した簡略化したデータベースを用いたため、安定な単一縦モード発振を得るための波長同調を行う際のデータベースの記憶容量が大幅に削減され、装置の小型化およびコストダウンに寄与する。

【0077】また、波長同調動作において、発振モードモニタ8の出力を用いて位相制御領域33への注入電流 I_p を制御することで、 I_f 、 I_r の制御によって選択されたライン上での遷移領域への移行を回避するようにしたので、単一縦モードでの発振が高精度に安定される。また、波長同調動作において、波長モニタ7を用いて素子温度 T_{1d} を調節したため、他の制御パラメータである半導体レーザ1への注入電流 I_p 、 I_f 、 I_r などに影響を与えることなく高精度に発振波長を安定化できるという効果を奏する。

【0078】つぎに、図11～図13を用いて、図1のレーザ装置に用いる波長モニタ7の他の構成例について説明する。図11に示す波長モニタ7は、入力発振光（モニタ光）の波長に応じて透過率が変化する狭帯域波長フィルタ50と、この狭帯域波長フィルタ50の透過光を受光する光検出器51と、入力発振光の波長に応じて透過率が変化する広帯域波長フィルタ52と、この広帯域波長フィルタ52の透過光を受光する光検出器53とを備えている。

【0079】すなわち、各波長フィルタ50、52で、波長情報を強度情報に変換し、各光検出器51、53で、波長フィルタ50、52からの光信号を電気信号に変換することにより、波長に応じた強度の電気信号を得ることができる図12は、狭帯域波長フィルタ50の波長特性と広帯域波長フィルタ52の波長特性を示すものである。 $\Delta\lambda_{1d}$ は半導体レーザの波長可変領域であり、 $\Delta\lambda_{f1}$ は広帯域波長フィルタ52の波長弁別領域であり、 $\Delta\lambda_{f2}$ は狭帯域波長フィルタ50の波長弁別領域である。また、ITUグリッドの各波長（チャネル）間隔を狭帯域波長フィルタ50の波長弁別領域の2倍（ $2 \times \lambda_{f2}$ ）に等しく設定している。ITUグリッドは、国際電気通信連合（International Telecommunication Union）で指定された特定の波長領域、例えば1550nmのウィンドウでの近接した間隔の波長セットであり、例えば100GHz間隔の場合は、約0.8nmの波長間隔に相当する。

【0080】この種のSSG DBR-LDでは、通常の半導体レーザに比べ、波長可変領域（ $\Delta\lambda_{1d}$ ）が、30nm～40nmと、広い。狭帯域波長フィルタ50は、波長変化に対する信号強度変化が大きく、波長を高

精度に検出できる利点があるが、狭帯域波長フィルタ50の波長弁別領域($\Delta\lambda f2$)は狭いので、狭帯域波長フィルタ50のみでは、半導体レーザの波長可変領域($\Delta\lambda 1d$)を全てカバーすることができず、絶対波長を検出することができない。そこで、半導体レーザの波長可変領域($\Delta\lambda 1d$)の全体は、 $\Delta\lambda 1d$ より広い波長弁別領域($\Delta\lambda f1$)をもつ広帯域波長フィルタ52によってカバーすることで、どのグリッドに位置しているか、すなわち発振波長の絶対波長を検出するようにしている。

【0081】狭帯域波長フィルタの一方のスロープの特性のみを利用する場合は、

ITUグリッドの波長間隔= $2 \times \Delta\lambda f2$

$2 \times \Delta\lambda f2 < \Delta\lambda 1d < \Delta\lambda f1$

の関係が成立するように、各波長フィルタ50、52の波長特性を設定する。

【0082】また、狭帯域波長フィルタの両方のスロープの特性を利用する場合は、

ITUグリッドの波長間隔= $\Delta\lambda f2$

$2 \times \Delta\lambda f2 < \Delta\lambda 1d < \Delta\lambda f1$

の関係が成立するように、各波長フィルタ50、52の波長特性を設定する。

【0083】図13を用いて図11の波長モニタ7を用いた波長制御動作を説明する。まず、図1の波長制御回路21は、広帯域波長フィルタ52側の光検出器53の出力を取得し(ステップ300)、この出力に基づいて目標波長 λc に到達しているか否かを判定する(ステップ310)。目標波長 λc に到達していない場合は、電源コントローラ26を介してペルチェ素子3を駆動して素子温度 $T1d$ を調節することによって目標波長 λc に安定化させる(ステップ320)。

【0084】また、ステップ310の判定で目標波長 λc に到達していることが検出されると、波長制御回路21は、狭帯域波長フィルタ50側の光検出器51の出力を取得し(ステップ330)、この出力に基づいて目標波長 λc で安定しているか否かを判定する(ステップ340)。波長制御回路21は、波長ずれ量が予め規定された発振波長精度よりも大きい場合は、電源コントローラ26を介してペルチェ素子3を駆動して素子温度 $T1d$ を調節することによって目標波長 λc に安定化させる(ステップ350)。

【0085】このように、図11に示す波長モニタ7においては、広帯域波長フィルタ52側の出力に基づいて発振波長の粗調整を行い、その後、狭帯域波長フィルタ50側の出力に基づいて発振波長の微調整を行うことで、半導体レーザの波長可変領域が大きな場合でも、高精度の波長制御を行えるようにしている。

【0086】なお、上記の実施の形態では半導体レーザ1にSSG DBR-LDを用いるようにしたが、他のSG-DBR LD(サンプリド回折格子 Sampled Gra

ting DBR) 構造をもつようなLDにも本発明を適用することができる。この場合にも、上記と同様の効果が得られる。このSG-DBR LDは、同じ周期の回折格子のある領域と回折格子のない領域を一つの単位として、これを整数回並べたものであり、「回折格子のある領域」+「ない領域」の並びが同じ間隔で並んでいる。SG-DBR LDの場合も、基本的に、フロントSSG DBR領域とリアSSG DBR領域とで、並びの周期を変えることによって、フロントSSG DBR領域とリアSSG DBR領域との反射ピークの周期を異ならせている。このSG-DBR LDの場合、SSG-DBRと違ってグレーティングのない領域の距離を変えることによって、上記反射ピークの周期の違いを達成できるため、グレーティング単体の周期は変えなくても済む。なお、グレーティング単体の周期を変えることによって、上記反射ピークの周期の違いを実現するようにしてもよい。

【0087】また、上記各実施の形態では半導体レーザ1からの前面出力光の一部をモニタ光として波長モニタ7、発振モードモニタ8および光強度モニタ9に入力しているが、半導体レーザ1の背面から出力される微量の発振光をモニタ光として用いても良い。その場合、前面光出力を減らすことなく外部出力信号として用いることができる。さらにビームスプリッタ4は不要となり、構成が簡略化される。

【0088】

【発明の効果】以上説明したように、この発明にかかる波長可変半導体レーザの波長制御装置によれば、データベースに安定発振する条件のみを抽出可能な所定の関数を設定し、この関数を用いて共振器を構成する第1及び第2の光反射器への注入電流を制御するようにしており、これにより記憶データの少ない簡略したデータベースを用いて高精度でかつ安定性のある波長制御を実現できる。

【0089】つぎの発明にかかる波長可変半導体レーザの波長制御方法によれば、安定発振する条件のみを抽出可能な所定の関数が記憶されたデータベースを用いて共振器を構成する第1及び第2の光反射器への注入電流を制御するようにしており、これにより記憶データの少ない簡略したデータベースを用いて高精度でかつ安定性のある波長制御を実現できる。

【0090】つぎの発明にかかる波長可変半導体レーザ装置によれば、簡略化されたデータベースの記憶データを用いて共振器を構成する第1及び第2の光反射器への注入電流を制御するとともに、発振モードモニタの出力に基づいて位相注入領域への注入電流を制御するようにしているので、記憶データの少ない簡略したデータベースを用いてより高精度でかつ安定性のある波長制御を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態を適用する波長可変半導体レーザ装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 SSG DBR LDの構成を示す断面図である。

【図3】 SSG DBR LDの各領域での利得またはロス特性を示す図である。

【図4】 SSG DBR LDにおける発振波長の I_f , I_r 特性を示す図である。

【図5】 図4の発振波長の I_f , I_r 特性の波長境界領域を明確にした図である。

【図6】 SSG DBR LDにおける単一縦モードと不安定モード発振の波長スペクトルを示す図である。

【図7】 この発明の実施の形態による波長可変半導体レーザの波長同調手順を示すフローチャートである。

【図8】 データベースに用いられる関数を説明するための図である。

【図9】 SSG DBR LDにおける発振波長の I_f 特性を示す図である。

【図10】 波長同調手順における I_f と I_r とを決定

する手順を示すフローチャートである。

【図11】 波長モニタの他の形態を示すブロック図である。

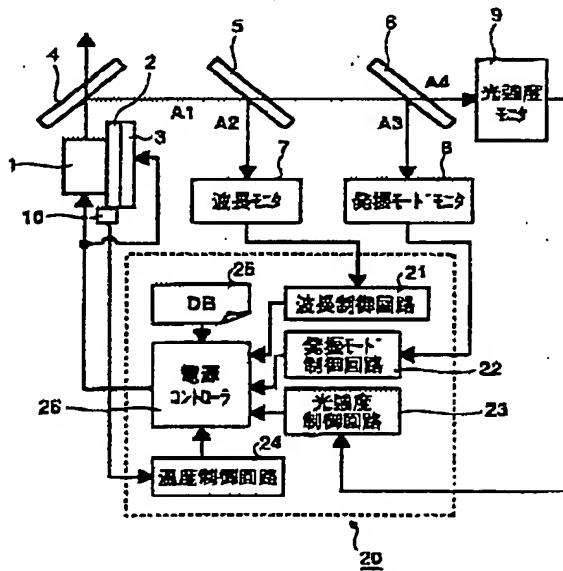
【図12】 図11の波長モニタに用いられる広帯域波長フィルタ及び狭帯域波長フィルタの波長特性を示す図である。

【図13】 図11の波長モニタを用いた波長制御の手順を示すフローチャートである。

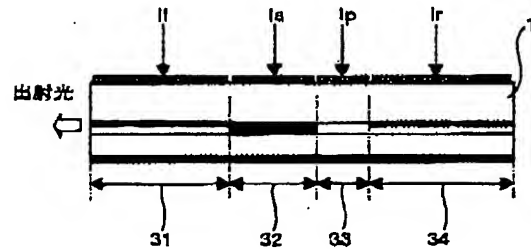
【符号の説明】

- 10 1 半導体レーザ、2 ヒートシンク、3 ペルチェ素子、4, 5, 6 ビームスプリング、7 波長モニタ、8 発振モードモニタ、9 光強度モニタ、10 温度モニタ、20 半導体レーザ駆動装置、21 波長制御回路、22 発振モード制御回路、23 光強度制御回路、24 温度制御回路、25 データベース、26 電源コントローラ、31 フロントSSG DBR領域、32 活性層領域、33 位相制御領域、34 リアSSG DBR領域、50 狭帯域波長フィルタ、51, 53 光検出器、52 広帯域波長フィルタ。

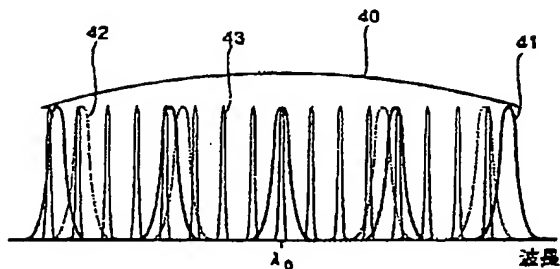
【図1】



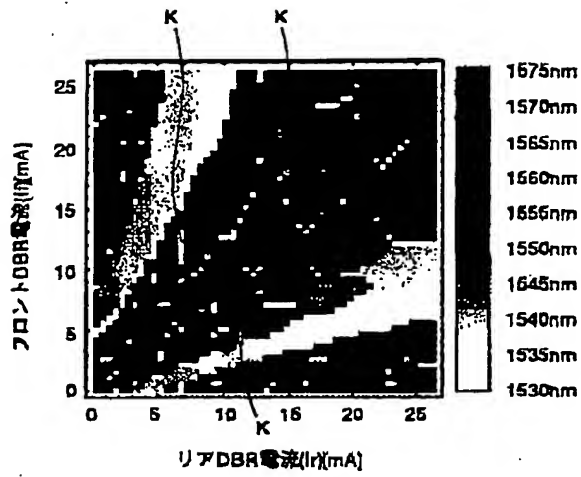
【図2】



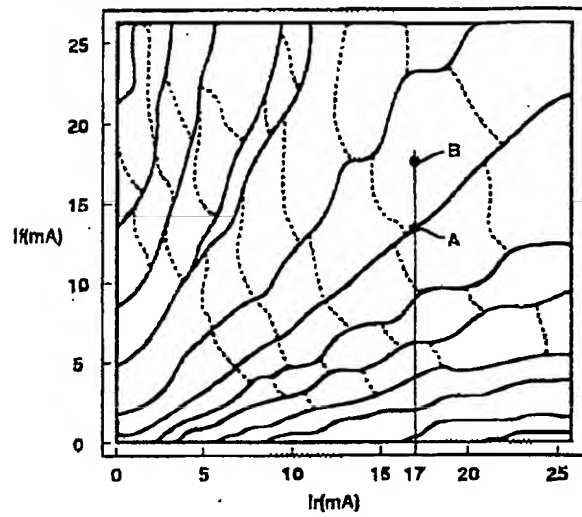
【図3】



【図4】



【図5】



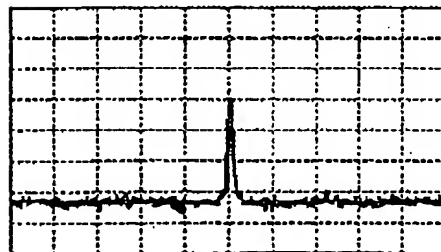
【図6】

(a)



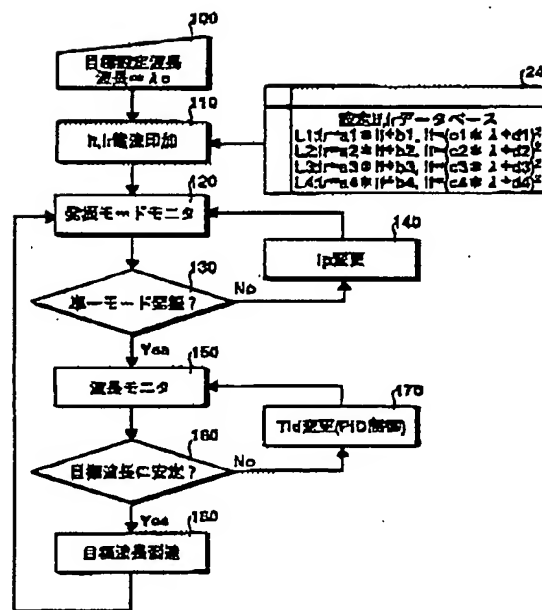
波長

(b)

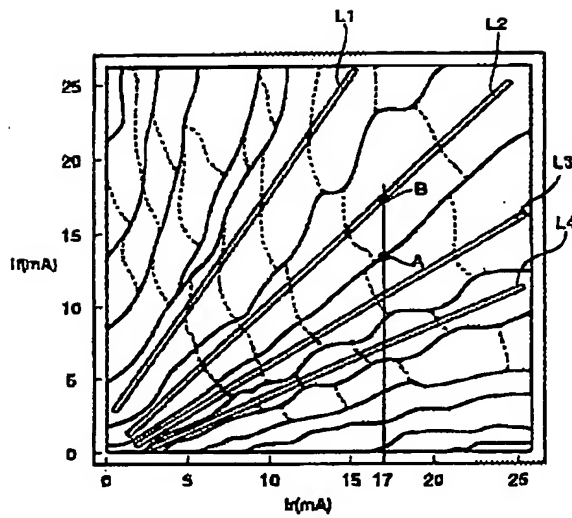


波長

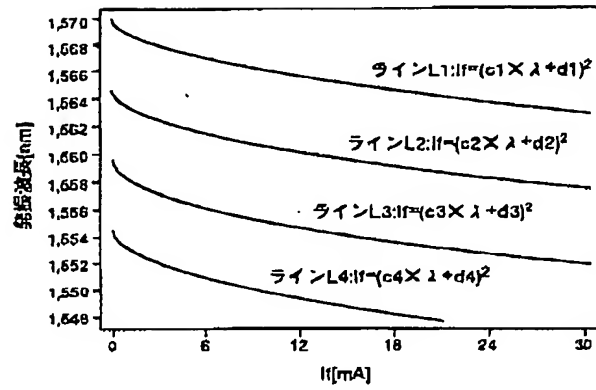
【図7】



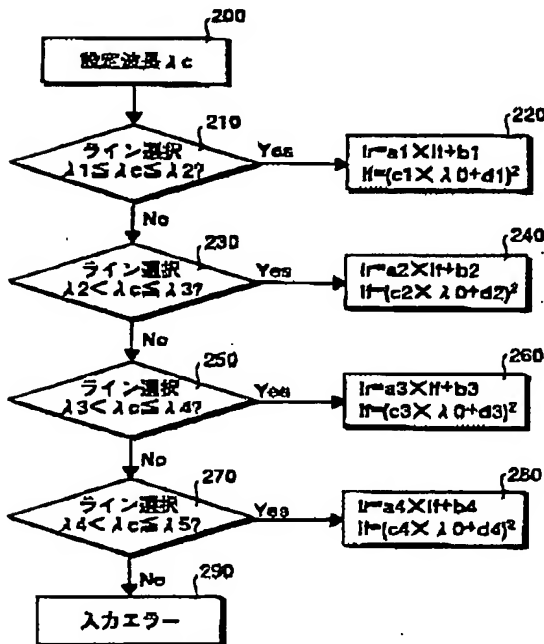
【図 8】



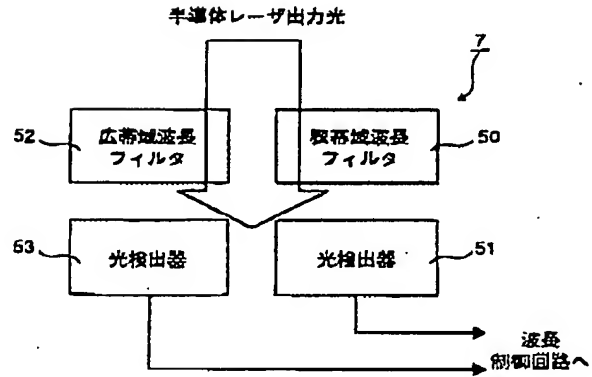
【図 9】



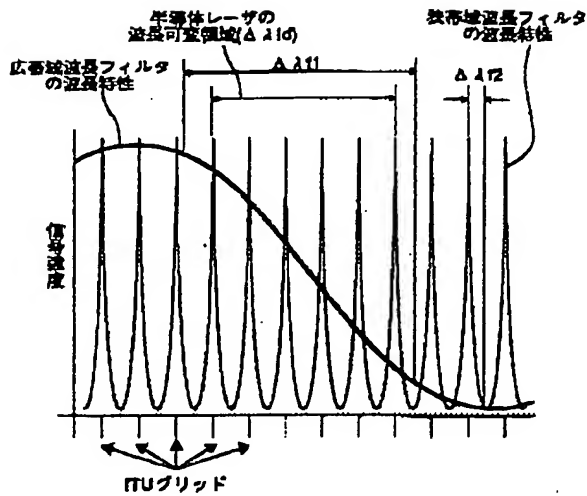
【図 10】



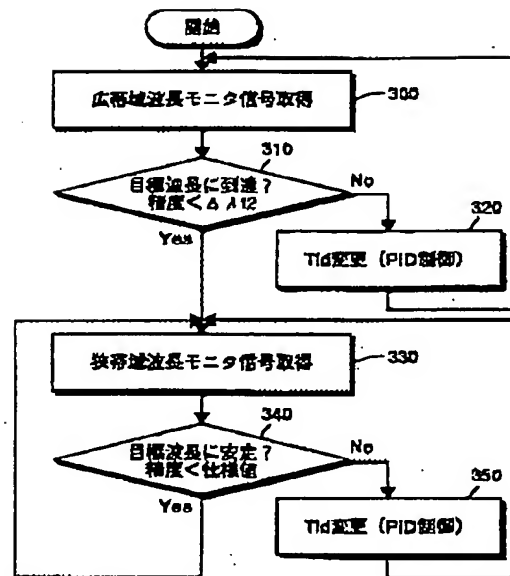
【図 11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 足立 明宏
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 平野 嘉仁
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 西村 哲也
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 後藤田 光伸
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 小蒲 哲夫
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 武本 彰
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 西村 隆司
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 山下 純一郎
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA65 AB21 AB25 BA02 EA03
GA12 GA13 GA18 GA23

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.